

정책 기반(Policy-based) 인지 무선 네트워크 관리 기술

허성만, 최준호, 유상조, 장용업*, 정길수*, 이광역*
 인하대학교, *국방과학연구소

요약

최근 부족한 무선자원을 효율적으로 사용하기 위한 인지 무선 기술이 큰 관심을 받고 있고 필요한 핵심요소 기술에 대한 연구가 집중적으로 이루어 지고 있다. 이에 따라, 실제 인지 무선 단말의 전송을 제어하고 네트워크를 관리하는 정책기반 인지무선 네트워킹 기술에 대한 연구 필요성이 증대되고 있다. 인지 무선 네트워크에서 동작하는 단말은 동적으로 변화하는 무선 환경에서도 단말의 행동을 규제하는 정책을 기반으로 기회적 전송을 수행할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 변화하는 무선 환경 조건에 능동적으로 대응할 수 있는 동적 정책 관리 및 제어 기술이 필수적으로 요구된다. 본고에서는 정책 기반 인지 무선 네트워크에서 정책 표현의 확장성을 고려한 정책 기술 언어 동향과 동적 정책 구성 및 적용을 지원하는 정책 기반 인지 무선 네트워크 시스템 구조 기술 동향을 소개한다.

I. 서론

최근 수년간 무선 통신 서비스에 대한 수요가 급증함에 따라 주파수 자원 부족 문제가 크게 대두되고 있는 가운데, 한정된 주파수 자원의 효율적 사용을 위한 인지 무선(CR: Cognitive Radio) 기술이 주목 받고 있다. 인지 무선 네트워킹을 위한 기술적 한계를 극복하기 위한 연구들은 스펙트럼 센싱 기술, 간섭 회피 및 공존 기술, 인지 엔진 기술, 동적 매체 접근 기술, 인지 라우팅 기술 등 다양한 분야에 걸쳐 전 세계적으로 매우 활발하게 이루어지고 있다. 한편, 인지 무선 장비는 기존의 무선 통신 장비들과 마찬가지로 규제기관(regulator)에 의해 정의된 정책(policy)에 순응하며 동작해야 한다. 그러나 인지 무선 자체의 기술적 개발 현황과 비교하여, 아직까지는 인지 무선 정책 기술 및 정책에 의한 인지 무선 네트워크 관리 및 제어 기술에 대한 관심이 부족한 편이며, 이와 관련된 국내 연구 또한 매우 미흡한 실정이다.

기존의 무선 시스템들은 동작 주파수나 지리적 동작 위치와 같이 사전에 정의된 동작 환경에서 통신을 수행한다. 따라서, 장비의 운용 환경을 고려한 전송 정책의 수립이 용이하며, 무선 기기들은 기기 내부에 이식된(embedded) 고정된 정책을 기반으로 전송 파라미터를 도출하고 전송을 수행하였다. 그러나 인지 무선 시스템은 수시로 동작 환경이 변화하는 환경에서 동작하기 때문에, 다양한 환경 조건에 적합한 정책들이 동적으로 기기에 적용될 수 있어야 한다. 일반적으로 인지 무선 시스템의 동작 환경은 예측이 불가능하다. 따라서, 인지 무선 정책은 환경에 따라 동적으로 재구성될 수 있어야 함은 물론, 실시간으로 단말에 적용될 수 있어야 한다. 이와 같이 정책 운용의 확장성을 고려하기 위해서는, 풍부한 표현력을 지원하는 정책 기술 언어(policy description language)와 변경된 정책의 실시간 적용을 지원하는 새로운 네트워크 관리 및 제어 방법이 요구된다. 이와 관련된 대표적 연구로는 DARPA의 XG 프로그램에 의한 정책 표현 언어 및 정책 엔진 구조 연구가 있으나, 아직까지는 정형화된 틀을 갖추고 있다고 보기는 어려운 수준이다.

본고에서는 인지 무선 네트워크를 위한 정책 기술 언어 및 정책 기반 인지 무선 네트워크 관리 및 제어 기술에 관한 기존의 기술 동향과 인지 무선 및 동적 스펙트럼 접속(DSA: Dynamic Spectrum Access) 기술에서의 정책결정을 수행하는 정책 엔진(policy engine) 구조를 소개한다.

II. 인지 무선 정책 표현 기법

정책 기반 인지 무선 시스템에서는 기기가 동작하는 환경의 변화에 따라, 정책을 동적으로 (재)구성할 수 있도록 하는 정책 표현 언어를 필요로 한다. 본 장에서는 이와 같이 정책 표현의 확장성을 위해 고려되어야 할 정책 기술 언어의 특징, 그리고 이러한 정책 기술 언어의 대표적인 예로서 Cognitive Policy Radio Language (CoRaL)를 소개한다.

1. 인지 무선 정책 기술 언어의 특징

〈그림 1〉은 정책 언어 설계자(policy language designer), 정책 관리자(policy administrator), 그리고 비허가 사용자(XG system user)를 고려한 XG 프로그램의 정책 언어 프레임워크를 보이고 있다[1][2]. 정책 언어 설계자는 시스템이 요구하는 기본적인 정책 표현 언어를 개발하는 역할을 수행하며, 주로 기본적인 언어 모델을 이용하여 시스템에서 요구하는 정책 어휘(policy vocabulary)와 이들 상호간의 관계를 정의한다. 정책 관리자는 기본 언어 모델을 이용하여 기계 해석 가능한 주파수 정책을 기술하는 역할을 수행한다. 비허가 사용자는 기회적으로 주파수를 사용하기 위해 인지된 환경을 바탕으로 전송 파라미터를 결정하며, 해당 전송 파라미터가 정책에 의해 허가되는 경우 전송을 수행할 수 있다.

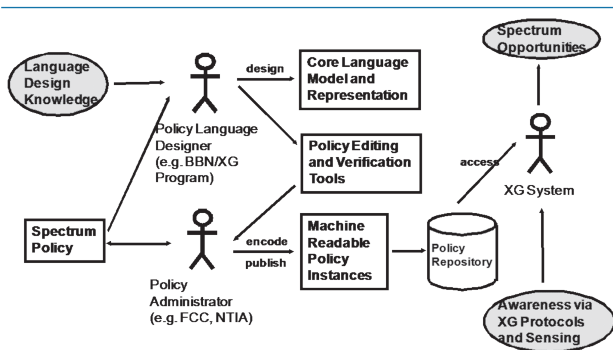


그림 1. XG 정책 언어 프레임워크

기존과 같이 무선 기기 내에 고정적으로 이식된 정책은, 인지된 환경을 바탕으로 동작하는 인지 무선 단말의 자유로운 행동 변화를 방해하는 요소가 된다. 즉, 고정된 정책에 의한 인지 무선 단말의 행동 양식에 대한 규제는 실제 발생 가능한 다양한 환경 조건 모두에 적절히 부합하는 전송을 보장하지 못한다. 이를 극복하기 위해서는, 정책이 동적으로 구성되고 실시간으로 단말에 적용될 수 있어야 한다. 이를 위해, 정책 기술 언어는 다음과 같은 특징을 지원해야 한다.

정책을 기술하는 정책 기술 언어는 기존의 정책에서 사전에 정의된 환경 변수들의 값을 변화시키거나 기존에는 예측하지 못했던 새로운 환경 변수를 자유롭게 추가할 수 있도록 풍부한 표현력을 가져야 한다. 이를 위해, 기존의 인공 지능 연구에서 주로 고려되어왔던 온톨로지(ontology)기법의 사용을 고려할 수 있다[3]. 온톨로지는 사람이 갖고 있는 특정 사물 및 개체에 대한 개념을 기계가 관리하는 데이터베이스와 같은 형태로 만드는 기술이라 할 수 있다. 온톨로지의 사용은 무선 전송 정책을 기술하기 위한 재료로서 사용되는 다양한 환경 변수들을

정의하고, 변수들 상호간의 관계를 규정하는데 매우 유용할 뿐만 아니라, 특히 새로운 환경 변수가 정의되는 경우, 기존의 변수들과의 상호관계에 기반한 온톨로지 추론을 통해 새로운 환경 변수의 유효성을 판단하는 기능까지 제공할 수 있다. 그러나 온톨로지는 주파수나 전송 전력의 범위와 같이 명확한 값의 범위를 표현하기 어렵다는 문제점이 있다. 정책 기술 언어는 이와 같이 값의 범위로 표현되는 환경 변수의 표현력까지 갖추어야 한다.

또한, 인지 무선 환경에서는 단말의 무선 환경이 실시간으로 변화할 수 있기 때문에, 변경된 정책을 기기에 이식하는 과정에서 실시간성이 보장될 수 있어야 한다. C/C++이나 Java와 같은 명령형 언어(imperative language 혹은 procedural language)로 정책이 기술되는 경우에는 정책의 변경이 곧, 프로그램의 대체를 의미한다. 이는 일반적으로 변경된 부분을 비롯한 전체 프로그램이 시스템(혹은 단말)의 재시작 이후에 다시 컴파일될 필요가 있다는 것을 의미한다. 따라서, 명령형 언어를 이용한 정책 기술 방안은 동적 정책 변경 및 적용 시 실시간성을 보장하지 못할 우려가 있다. 반면, OWL, SQL, SWRL, Prolog등과 같은 선언형 언어(declarative language)를 이용하여 정책을 기술하는 경우에는, 정책을 변경하기 위해, 단지 사실(fact)과 조항(rule base 혹은 clauses)의 수정만을 요구한다. 이는 시스템(혹은 단말)이 동작 중인 가운데, 정책의 변경을 적용할 수 있음을 의미한다. 이러한 것이 가능한 이유는 선언형 언어가 사실과 조항의 논리적 성질만을 기술하는 추론 엔진(generic inference engine)에 기반하여 동작하기 때문이다. 즉, 사실과 조항의 수정은 online 상태로 가능하며, 이러한 수정은 추론 엔진의 수정을 요구하지 않는다. 또한, 선언형 언어를 이용하여 정책을 표현할 경우, 정책은 사람이 이해하기 쉽도록 표현되어 있을 뿐만 아니라 기계에 의한 해석 또한 용이(machine interpretable)하다는 장점이 있다.

기존의 인지 무선 정책 기술 언어에 대한 대표적 연구라 할 수 있는 CoRaL은 이상의 정책 기술 언어의 특징을 고려하여, 온톨로지를 사용하여 풍부한 표현력을 지원하고, Prolog와 같은 선언형 언어를 이용하여 정책 기술 언어의 실시간 적용 성능을 보장할 수 있도록 고안되었다.

2. CoRaL

CoRaL[1][2]은 XG DARPA에서 개발한 정책 기술 언어로서 DSA를 지원하는 XG 아키텍처를 위해 개발되었다. XG DARPA에서는 2004년까지 BBN Technologies와 함께 진행된 프로젝트[4]에서 온톨로지 언어(OWL: Ontology Web

Language)을 기반으로 하는 언어구조인 XGPLF(XG Policy Language Framework)를 개발하였으며, CoRaL은 XGPLF의 온톨로지 개념을 이어받아 단점을 보완하여 개발된 언어이다. CoRaL은 기본적으로 풍부한 표현력, 생존 및 확장 능력, 기계 해석 가능성 등, 앞서 기술한 정책 기술 언어의 특징과 단점이 결합한 전송 파라미터에 대한 정책적 승인 여부를 판단하도록 하는 추론 능력을 지원하도록 설계 되었다. CoRaL은 정책을 기술하기 위한 재료로서 사용되는 각종 환경 변수들과 정책을 기술한다.

2.1 환경 변수 표현의 확장성

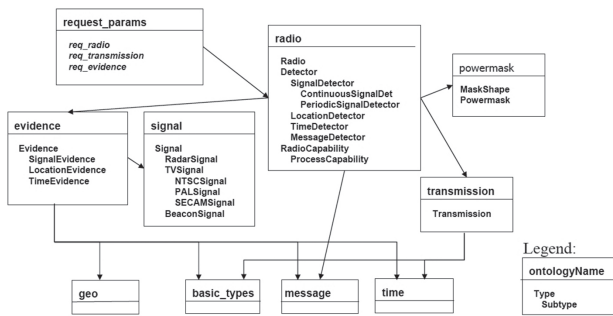


그림 2. XG 공통 온톨로지

XG에서는 <그림 2>와 같은 공통 온톨로지를 제공한다. 온톨로지에는 정책의 기술과 질의 및 추론에 사용되는 환경 변수들이 정의되어 있다. CoRaL은 이와 같은 온톨로지를 직접 기술하여 사용할 뿐만 아니라, 값의 범위 및 제한을 표현하기 위해 ADT(Abstract Data Type)를 이용한다. 특히, 다음의 시간 범위와 전력마스크 표현은 기존의 온톨로지 기술 방식으로는 표현할 수 없었던 한계를 극복한 CoRaL의 대표적인 예시들이라 할 수 있다.

<그림 3>은 CoRaL에서 특정한 시간의 범위를 표현하기 위한 'TimePeriod' ADT의 예를 보이고 있다. 'TimePeriod' ADT는 시작시간과 종료시간으로 규정된 시간의 범위로서, 사용자가 요청한 시간이 해당구간의 내부에 속하는지 여부를 확인할 수 있는 기능을 갖는 일종의 함수이다. 또한, CoRaL은 파워마스크를 정의 하기 위해, 'symmetric',

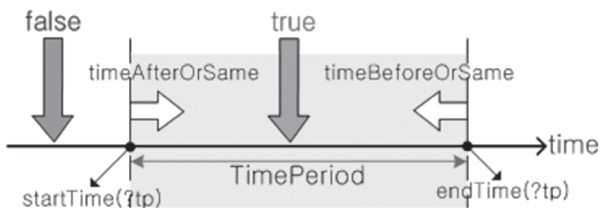


그림 3. TimePeriod 예

'linear', 'step'등의 함수를 제공한다. 예를 들어, <그림 4>와 같은 파워마스크는 각 축에 대한 (x,y) 순서쌍과 제공된 함수로 표현될 수 있는데, 주파수 오프셋 0~30MHz까지는 'linear[(0,0),(9,0),(11,-20),(20,-28),(30,-40)]'와 같이 표현할 수 있다. 유사하게, 주파수 오프셋 30MHz부터 무한대까지는 'step'함수를 이용하여 정의된다.

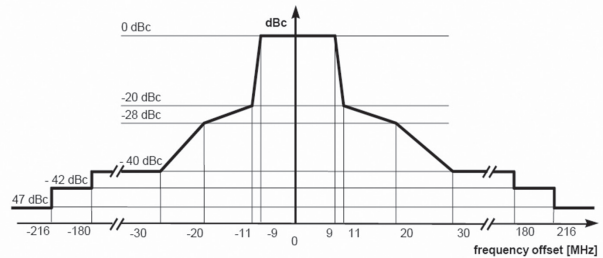


그림 4. DFS Powermask 예

2.2 정책 기술의 예

정책을 기술하기 위해서, CoRaL은 정책의 기술에 사용되는 어휘들(환경 변수들)을 온톨로지로부터 가져와서 사용하게 된다. 또한, 정책이 기술하고 있는 각각의 조건들은 모두 Prolog와 같은 논리 기반의 선언형 언어로 작성된다. 다음과 같은 전송 정책을 고려하기로 한다.

"좌표(39 10' 30"N, 75 01' 42")로부터 10km 이상 떨어져 있다면, 6시에서 13시 사이의 시간 동안, 5180MHz에서 5250MHz사이의 대역을 이용한 단말의 전송을 허가한다."

위의 정책을 CoRaL로 표현하면 다음과 같다.

```

policy p1 is
use request_params;
allow if
centerFrequency(req_transmission)
in {5180.0 .. 5250.0} and
(exists ?le:LocationEvidence)
req_evidence(?le) and
distance(location(?le),loc1) =< 10000 and
(exists ?te:TimeEvidence)
req_evidence(?te) and
hour(timestamp(?te)) in {6 .. 12};
end
    
```

'request_params'은 시스템에 의해 정책 기술시 필요한 환경 변수들을 포함하고 있는 온톨로지이며, 해당 온톨로지를 불러오기 위해 사전에 정의된 'use' 명령어를 사용하였다. 'allow if'의 구문은, 기술한 정책 'p1'이 조건을 만족하면 전송을 허가해주는 허용 가능 정책(permissive policy)임을 의미한다. 이와 유사하게 사용을 불허하는 정책 또한 기술될 수 있으며, 다양한 정책이 혼재하는 경우에는 정책에 대한 우선순위를 명시할 수

있다. CoRaL에서는 기본적으로 허용 불가능 정책이 허용 가능 정책보다 우선순위가 높은 것으로 간주된다.

III. 인지무선 네트워크 정책엔진 동향

정책 엔진은 인지 무선 환경에서 DSA 단말의 동작을 효율적으로 제어하기 위한 운영상의 이점을 제공한다. 정책 기반 인지 무선 네트워크에서 정책 엔진은, 기본적으로 정책으로 무선을 관리하기 위해, 또한 무선 기기의 구성을 악의적으로 변경하는 것을 방지하기 위한 접근 통제 수단으로[5], 또한 동적으로 변화하는 무선 환경에서 적합한 정책의 수립, 분배 및 적용의 효율성을 보장하기 위해 연구되어 왔다. 정책 엔진이 수행하는 가장 중요한 기능은 추론(reasoning) 기능인데, 이는 인지 무선 단말이 요청한 전송 파라미터에 대해 적절한 정책을 도출하고 정책간의 충돌을 검사하여 승인 여부의 판단을 내리고 그에 대한 응답을 주는 것이다[6]. 정책 엔진이 시스템 내의 다른 모듈들과 어떻게 유기적으로 연동이 되어 동작을 수행하는지에 대해 아직까지는 정형화된 틀이 존재하지 않으며, 그에 따라 정책 엔진의 구성에 대한 다양한 시나리오가 존재할 수 있다. 본 고에서는 이에 대한 기존 기술 사례로서 버지니아 공대의 사례와 XG DARPA의 사례를 각각 살펴보기로 한다.

1. 버지니아 공대의 정책 엔진 구조

버지니아 공대에서 고려하고 있는 정책 엔진은, 인지 엔진(cognitive engine, CE)에 의한 전송 파라미터 최적화 구조의 범위 내에 정의된 구성 요소로서 존재한다. 이 때의 인지 엔진은 초기observe, orient, plan, decide, learn, act의 과정을 고려한 Mitola의 인지 사이클 구조[7]를 개정한 CWT(Cognitive Wireless Technology) 인지 사이클을 기반으로 구성되었으며, 센서, 최적화기, 의사 결정자, 무선 프레임워크, 유저 인터페이스와 함께 정책 엔진을 포함하는 구조를 띄고 있다. 정책 엔진은 인지 엔진의 인지 제어가 최적화 과정을 수행하는 과정이 해당 지역에서 정책에 의해 규제된 범위 안에서 이루어지도록 하고 있다. 제안된 인지 무선 정책 엔진은 <그림 5>와 같이 인지 엔진 모듈들의 중앙에서 순차적으로 스펙트럼 추론 과정을 처리하고 최종적으로 스펙트럼 사용의 승인(allow)/미승인(disallow)를 결정하는 역할을 한다[8][9].

이때, 최적화된 정책을 추론하기 위해서는 규제 기관이 정한 정책을 관리하는 정책 데이터베이스 외에 지역 정보에 관한 데이터베이스, 통신 기기 정보에 관한 데이터베이스 등이

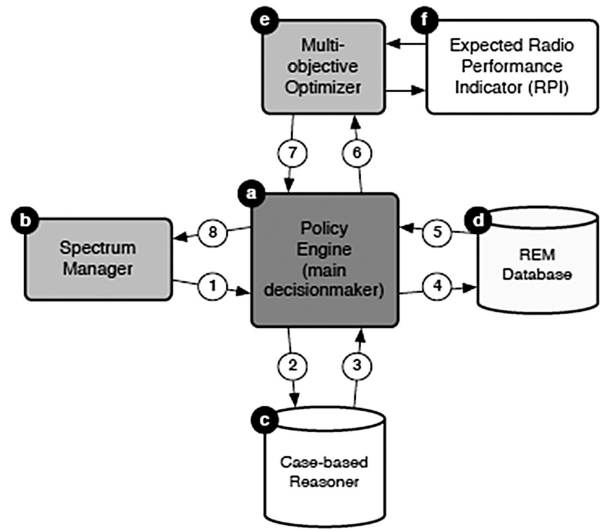


그림 5. WRAN 어플리케이션을 위한 CBR-CE 프레임워크

필요하며, REM(Radio Environment Map)은 이러한 정보들을 유기적으로 통합 관리하는 데이터베이스로서, Case-based Reasoning(CBR)을 기반으로 빠르고 즉각적인 정책 추론과 후속 전략을 세우도록 하는데 목적이 있다. Multi-Objective Optimizer는 Hill climbing search (HCS)와 Genetic algorithm (GA) search 방법으로 구현되어 IEEE 802.22 wireless regional area network (WRAN) 기준으로 무선과 정책 도메인을 동시에 조사하고 판단하는 인지 엔진 구현을 제시한다[9][10].

2. XG DARPA의 정책 엔진 구조

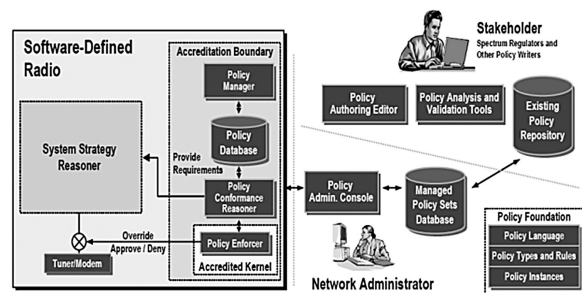


그림 6. 분산정책 기반 스펙트럼 접속 제어 아키텍처

XG DARPA에서 제시한 분산 정책 기반 스펙트럼 접속 아키텍처는 <그림 6>과 같이, 정책 언어, on-node 정책 컴포넌트, off-node 정책 컴포넌트 등의 세 영역으로 나뉜다. 정책 엔진은 기능적으로 on-node 정책 컴포넌트와 off-node 정책 컴포넌트에 걸쳐 존재하는 것으로 볼 수 있으며, 특히 on-node 컴포넌트에서는 이식된 정책을 기반으로 전송 파라미터에 승인 여부를 평가하기 위한 정책 추론 기능을, off-node 컴포넌트에

서는 정책의 변경, 수집, 분배 등의 관리 및 제어 기능 및 과정을 포함한다.

On-node 정책 컴포넌트는 System Strategy Reasoner (SSR)와 Policy Conformance Components (PCCs)로 구성되어 있으며, SSR은 하드웨어 제어, 데이터 수집, 전략 기획, 송수신을 위한 인터페이스의 역할을 하는 인지 모듈로서 동작한다. SSR은 현재 환경을 기반으로 스펙트럼 접속을 결정하고 무선 전송에 적합한 전략을 실행한다. 또한 현재 상태에 대한 접근방법 및 검출기에서 측정된 수치와 무선으로부터 받은 데이터를 포함하여 다른 무선 컴포넌트에서 받은 입증된 결과를 PCCs에 제공하는 역할을 한다. 무선 전송 정보와 송신 정보에 전송 파워, 동작 스펙트럼, 변조, 펄스 파형, 심볼 레이트, 코딩 등은 스펙트럼 접속 결정에 대한 파라미터로 이용된다.

PCCs는 장비의 올바른 동작을 보증하고 SSR이 구성한 승인된 스펙트럼을 구성하고 시행하여, 간섭을 일으키지 않도록 한다. 또한 허가 받지 않은 전송 요청을 필터링한다. PCCs의 구성은 PCCs의 게이트웨이 역할과 정책 데이터베이스의 유지 역할을 수행하는 Policy Manager (PM), 정책의 병합, 정책 충돌 검사, 정책의 우선순위, 정책 추론, 정책 언어의 이해와 변환을 지원하는 Policy Conformance Reasoner(PCR), 장비 상태를 모니터링하고 기존의 승인된 전송 정보들을 cache로 관리하여 정책 추론의 신속성 및 효율성을 높이는 Policy Enforcer (PE), 그리고 Policy Database로 구성된다[11].

XG DARPA 정책 엔진은, SSR이 구성한 전송 파라미터에 대해 질의(query)를 발생시키는 경우, PCR이 현재 활성화된 정책들을 기준으로 요청된 전송 파라미터에 대한 승인 여부를 결정하고 그에 대한 응답을 SSR에게 제공하는 과정으로 추론을 수행한다. PCR은 승인(allow), 미승인(disallow), 혹은 조건부 승인(allow if C)의 응답을 제공하며, 승인의 경우, 단말은 SSR의 요청 전송 파라미터를 이용하여 전송을 수행할 수 있다. 미승인이나 조건부 승인의 응답이 발생하는 경우, SSR은 새로운 전송 파라미터를 재구성하여 질의를 재발생시킬 수 있다.

Shared Spectrum Company 는DARPA XG 프로그램의 일환으로 <그림 7>과 같이DSA 단말이 DSA 네트워크에 참여를 시도하는 과정을 테스트 베드로 구현하고, DSA 무선 환경에서 단말들이 유휴 대역을 발견하고 간섭을 회피하기 위해 서로의 정보를 공유하도록 하는 Group Behavior Software[12]를 이용하여 다양한 시나리오를 검증하고자 시도하였다. 실험 결과는 정책 기반의 DSA 네트워크 시스템에서 단말이 의도된 정책에 순응하면서 적응적으로 운용될 수 있다는 것을 보였다[5][11][12][13]. 그러나 구체적인 정책구성과 분류체계는 공개되지 않고 있으며, 스펙트럼의 선택 및 처리 속도의 지연은 추가적으로 보완될 필요가 있는 것으로 보인다, 또한 보다 신속한 정책 추론을 위해 센싱엔진 및 인지엔진과의 연동, 데이터베이스 관리, 정책 추론 알고리즘 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

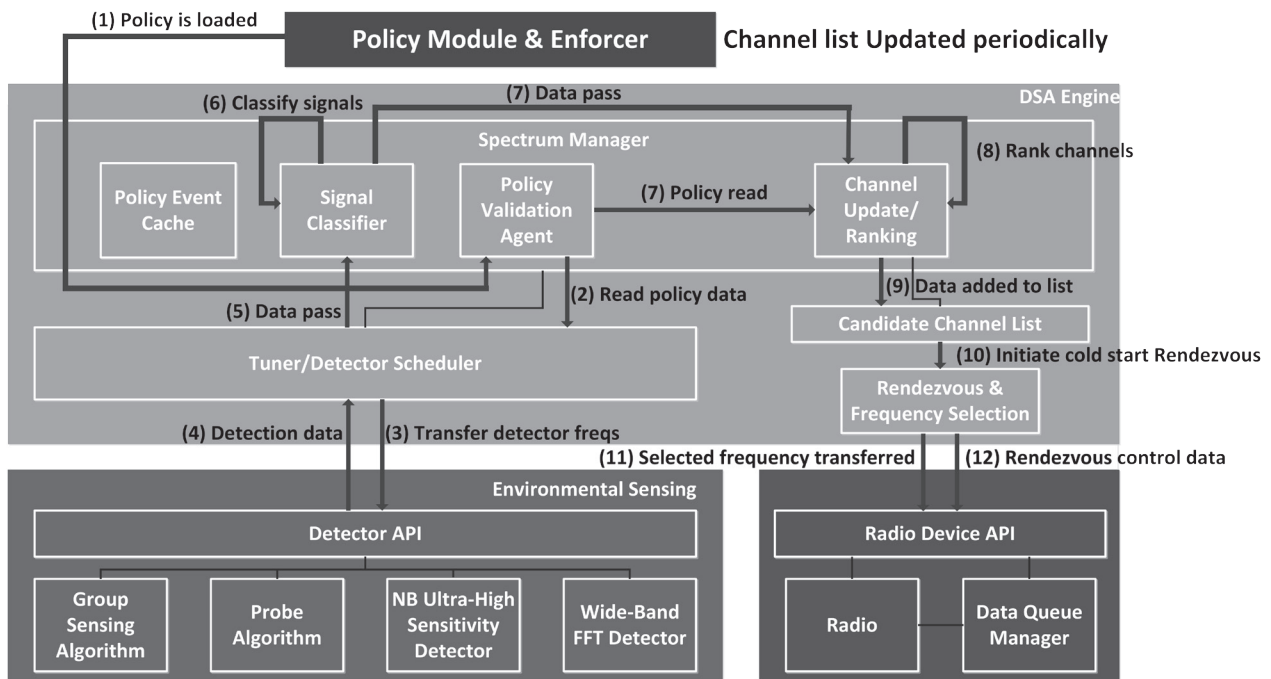


그림 7. DSA Cold Start Flow

IV. 인지 무선 정책 엔진 구조 및 기능 설계

본고에서는 앞서 살펴본 인지 무선 단말의 전송 파라미터 결정에 관여하는 정책 추론과정과 효율적인 정책의 수립, 분배, 적용을 위해 <그림 8>과 같은 정책 엔진 구조를 제시한다. 제시한 정책 엔진 구조는 CR DSA 클라이언트 영역과 서버 영역으로 구성된다. 클라이언트 영역은 사용할 수 있는 스펙트럼 및 단말이 처한 환경 정보를 토대로 최적의 전송 파라미터를 결정하는 인지 엔진과 정책 추론 및 집행을 수행하는 클라이언트 정책 엔진을 포함하고 있으며, 서버 영역은 관리자가 인지 무선 환경에 적용할 정책을 저장하는 Authoring Tool과 수립된 정책간 충돌을 제어하고 적용 우선 순위 등을 관리하도록 하는 서버 정책 엔진으로 구성된다.

Policy Authoring Tool은 관리자의 정책 저장을 위한 도메인, 도메인 네임, 정책 충돌 알고리즘, 규칙과 저장된 정책을 관리한다. 운영자 또는 관리 기관이 정책을 저작 및 수립하기 위해서는 Policy Authoring Management를 통해 명령 메시지의 입증과 권한 확인을 한다. 권한을 입증한 운영자 또는 관리 기관은 Policy Type Definition(PTD)가 관리하는 정책 저작에 필요한 표현 언어와 규칙을 이용하여 정책을 저작하게 된다.

저작된 정책은 Policy Conflict Check Reasoning (PCCR)을 통해 기존 정책 간 충돌 확인을 한다. PCCR에 의해 정책 간 충돌이 확인되는 경우, 정책 DB가 관리하는 다양한 데이터베이스를 참고하여 충돌이 발생한 정책 변수들을 제시하며, 충돌 해소 혹은 병합을 위한 참고 정보들을 함께 제공한다. 저장된 정책에 대한 충돌 여부 평가가 종료되면, Policy Authoring Tool은 Policy Rule Set-up (PRS)을 통해 저장된 정책을 정책 DB에 저장한다. 이와 같은 과정을 거쳐 저장된 정책들은 적용 시나리오에 따라 선별적으로 선택되어 단일의 모드로 구성되어 운영될 수 있다. 이와 같이 모드 단위로 구분된 정책의 집합은 클라이언트의 local policy repository에 저장되어 지역적 정책 추론에 이용되며, 이러한 정책 집합의 갱신은 서버로부터의 주기적/명시적 정책 갱신, 혹은 클라이언트의 요청에 의한 정책 갱신을 통해 이루어진다. 서버는 클라이언트와의 메시지 교환을 통해 클라이언트의 동작 환경 및 동작 패턴에 대한 context 정보를 누적하고, 이러한 context 정보에 기반하여 향후의 동작 환경을 예측함은 물론, 클라이언트에 대해 예측된 환경을 기반으로 적합한 정책 집합의 갱신을 사전에 수행할 수 있다.

클라이언트가 유휴 대역에 대한 기호적 전송을 수행하고자 하는 경우, 클라이언트와 서버의 정책 엔진 및 인지 엔진에 의한 정책 추론 과정은 다음과 같이 수행될 수 있다.

- 1) 단말은 센서에 감지된 유휴 스펙트럼 정보를 인지 엔진의 E-DSA Reasoner에 전송한다.
- 2) E-DSA Reasoner는 요청된 스펙트럼에 대한 정보와

- 1) 단말은 센서에 감지된 유휴 스펙트럼 정보를 인지 엔진의 E-DSA Reasoner에 전송한다.
- 2) E-DSA Reasoner는 요청된 스펙트럼에 대한 정보와

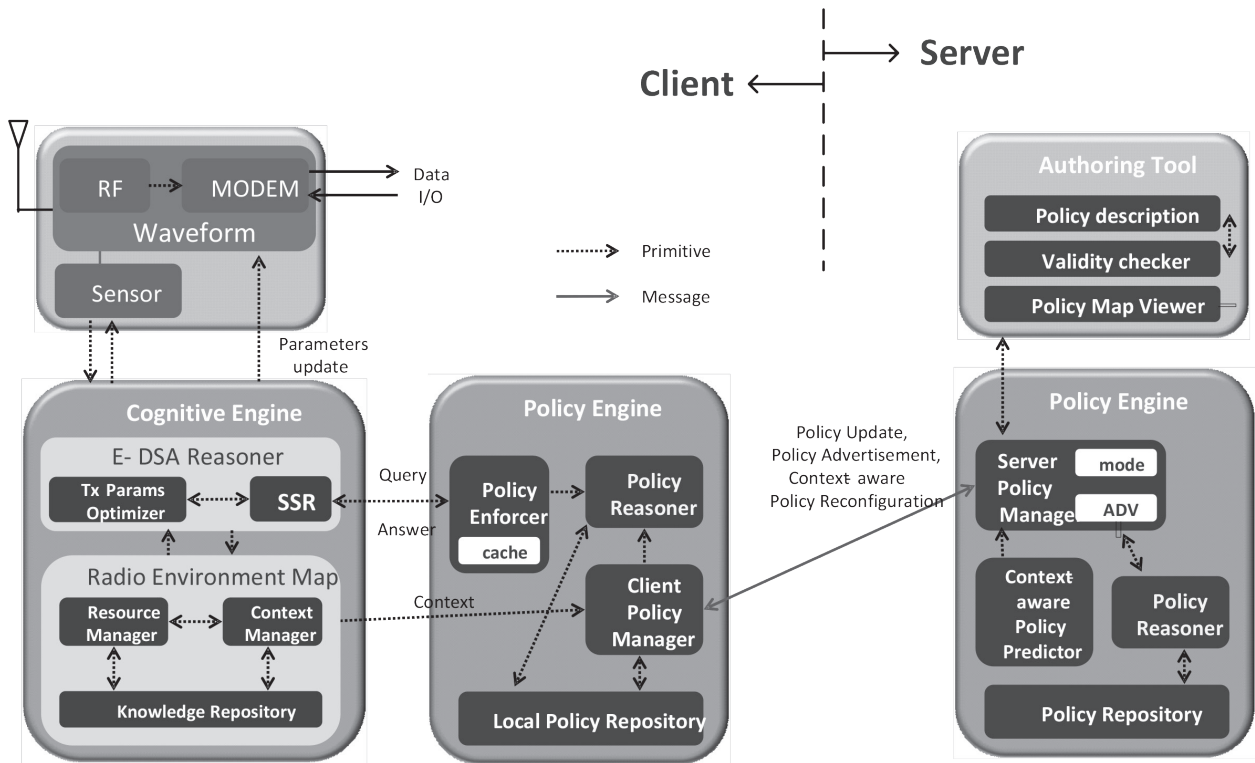


그림 8. 인지 무선 정책 엔진 구조

REM에 의해 관리되고 있는 콘텍스트 정보를 비롯한 현재 단말의 상태 정보 및 무선 환경 정보를 종합하여, 주요 정책 관련 전송 파라미터 최적화를 수행하고, 그 결과로서 수립된 전송 파라미터 (예, 사용주파수, 최대 송신전력 등)를 단말의 정책 엔진에 사용여부를 질의 (query)한다.

- 3) 전송 파라미터 질의는 Policy Enforcer에 의해 수신되며, Policy Enforcer는 캐시로 저장된 최근의 승인 및 미승인 정보들을 기준으로 질의에 대한 응답을 시도한다. 만약 캐시에 기록된 정보가 없다면 해당 질의는 Policy Reasoner로 전달되어 정책 추론이 수행된다. Policy Reasoner는 현재 조건에서 적합한 정책을 검출하고 질의에 대한 승인 여부를 판단하는 정책 추론을 수행한다. Policy Reasoner는 클라이언트에 저장된 정책과 REM으로부터 제공되는 다양한 파라미터들을 토대로 현재 조건에서 최적의 정책을 도출하고, 질의에 대한 승인 여부를 판단하는 정책 추론을 수행한다. 만약 최적의 정책 도출에 실패했을 경우에는 클라이언트 정책 엔진은 서버에 정책 추론을 요구하거나 클라이언트 인지 엔진에 최적 전송 파라미터의 재구성을 요청한다.
- 4) 서버의 정책 엔진이 클라이언트로부터 정책 추론 요청을 수신하는 경우에는, 클라이언트 정책 엔진의 정책 추론과 동일한 과정이 진행된다. 다만 서버 정책 엔진은 클라이언트 정책 엔진에 내장된 정보보다 방대한 정책 데이터베이스를 기반으로 추론을 수행하기 때문에, 클라이언트 정책 엔진보다 정책 추론에 대한 다양한 방법을 제시할 수 있다.
- 5) 추론된 정책은 클라이언트 정책 엔진에 전송하여 클라이언트가 최적의 전송 파라미터로 통신을 수행할 수 있도록 한다.

V. 결론

본고에서는 정책기반 인지무선 네트워크 연구의 필요성과 연구 동향에 대하여 논의 하였다. 인지 무선 네트워크에서의 정책 기반 시스템은 동적으로 변화하는 환경 정보에 적응적으로 적용될 수 있는 정책을 기반으로 동작해야 하며, 이를 위해서는 표현력이 풍부한 정책 기술 언어 기술과 정책의 수립, 변경, 적용, 추론에 유연성을 부여할 수 있는 네트워크 관리 및 제어 기술이 요구된다. 본 논문에서는 XG DARPA를 중심으로 연구된 기존의 정책 기반 네트워크 관리 기술에 대해 살펴보았으며, 인지 무선 단말의 전송 파라미터 결정에 관여하는 정책 엔진의 구조와 역할, 그리고 정책 저작 및 추론 과정을 고려한 인지 엔진의 설계 방안을 기술하였다. 정책 기반 인지 무선 네트워크 관리 기술에 대한 연구는 현재 매우 미흡한 실정이지만, 향후 반드시 요구되는 기술이라 할 수 있으며, 이와 관련하여 정책 엔진, 정책 데이터베이스, 추론 알고리즘 등 다양한 분야의 연구가 필요할 것으로 예상된다.

Acknowledgement

※ 본 연구는 국방과학연구소 “주파수 관리/할당 정책의 표현 기법 연구” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Grit Denker, “Cognitive Policy Radio Language (CoRaL) A Language for Spectrum Policies XG Policy Language,” SRI, Defense Advanced Research Projects Agency, 2007.
- [2] Daniel Elenius, “CoRal Policy Validation Engine and Policies,” SRI, Defense Advanced Research Projects Agency, 2006.
- [3] Daniel Elenius, “XG Policy Architecture,” SRI, Defense Advanced Research Projects Agency, 2007.
- [4] Richard D. Hinman, “NEXT GENERATION(XG) ARCHITECTURE AND PROTOCOL DEVELOPMENT,” Defense Advanced Research Projects Agency, 2004.
- [5] F. Perich and M. McHenry, “Policy-based spectrum access control for dynamic spectrum access network radios,” Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, vol. 7, pp. 21–27, 2009.

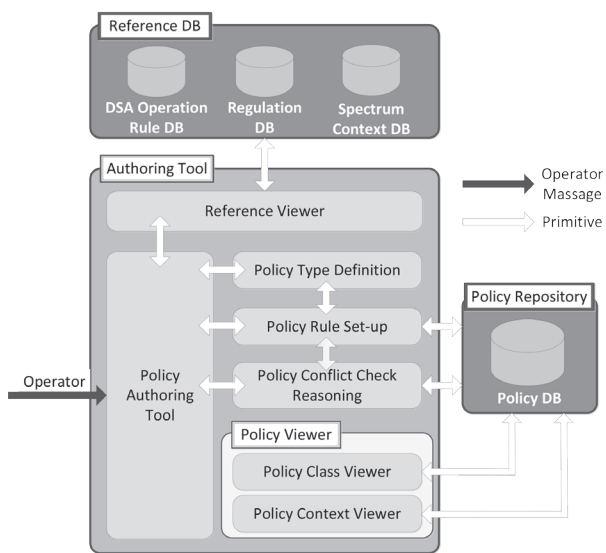


그림 9. 인지 무선 정책 Authoring Tool

[6] Benjamin Hilburn, Timothy R. Newman and Tamal Bose, "Sector-Based Policy Generation and Enforcement for Cognitive Radio," Military Communication Conference, IEEE MILCOM 2009.

[7] Joseph Mitola, Gearld Q. Maguire and JR, "Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal," Personal Communications, IEEE, August 1999.

[8] T. Rondeau, "Application of artificial intelligence to wireless communications," Ph.D. dissertation, Virginia Polytechnic Inst. and State Univ., Blacksburg, Sep. 20, 2007.

[9] An He, Joseph Gaeddert, et al, "Development of a Case-Based Reasoning Cognitive Engine for IEE 802.22 WRAN Application," Newsletter ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, pp.37-48, April 2009.

[10] Youping Zhao, et al, "RADIO ENVIRONMENT MAP ENABLED SITUATION-AWARE COGNITIVE RADIO LEARNING ALGORITHMS," SDR Forum Conference, 2006

[11] F. Perich, "Policy-based network management for neXt Generation spectrum access control," in Proc. pp. 496-506, IEEE DySPAN 2007.

[12] Mark McHenry, karl Steadman, Alexe E. Leu, Ed Melick, "XG DSA Radio System," New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Network, IEEE DyPAN 2008.

[13] F. Perich, R. Foster, P. Tenhula, and M. McHenry, "Experimental field test results on feasibility of declarative spectrum management," in Proc. , pp. 1-10, IEEE DySPAN 2008.

약 력



허성만

2012년 인하대학교 정보통신공학과(공학사)
2012년~현재 인하대학교 정보통신공학부 석사과정
관심분야: Cognitive Radio, Policy Based Network



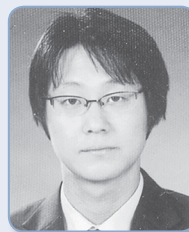
최준호

2012년 인하대학교 정보통신공학과(공학사)
2012년~현재 인하대학교 정보통신공학부 석사과정
관심분야: Sensor Network, Cognitive Radio



유상조

1988년 한양대학교 전자통신학과(공학사)
1990년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
2000년 한국과학기술원 전자전산학과(공학박사)
1990년~2001년 KT 연구 개발본부
2001년~현재 인하대학교 정보통신공학부 교수
관심분야: 무선 네트워킹 프로토콜,
Cross-layer 프로토콜 설계,
Cognitive Radio Network,
무선센서네트워크, 미래인터넷



장용업

2003년 한양대학교 전자전기공학부(공학사)
2010년 KAIST 전기및전자공학과(공학박사)
2010년 KAIST 정보전자연구소 박사후연구원
2010년~2011년 KAIST IT융합연구소 선임연구원
2011년~현재 국방과학연구소 선임연구원
관심분야: Cognitive radio 네트워크,
협력 릴레이 네트워크,
다중사용자 MIMO 스케줄링,
Limited 피드백 무선 통신 네트워크

약 력



정길수

1999년 영남대학교 전자공학과 (공학사)
2003년 토요하시기술과학대학(일본)
정보공학과 (공학석사)
2007년 토요하시기술과학대학 (일본)
전자정보공학과 (공학박사)
2007년~2009년 ATR(일본) 연구원
2009년~2011년 한국전자통신연구원 선임연구원
2011년~현재 국방과학연구소 선임연구원
관심분야: 이동통신, 디지털 신호처리,
다중사용자 간섭제거



이광익

1988년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1990년~현재 국방과학연구소 책임연구원
관심분야: 위성통신, 전술통신,
인지형/지능형 무전기